

# **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДИЕНТА ПАРАМЕТРОВ ДИСЛОКАЦИОННЫХ СУБСТРУКТУР АІ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ**

*Коновалов С.В., Столбоушкина О.А., Иванов Ю.Ф.*

*Руководитель – проф., д.ф.-м.н. Громов В.Е.*

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк  
gromov@physics.sibsiu.ru

Известно, что механические свойства металлических материалов чувствительны к состоянию тонких приповерхностных слоев, поэтому можно ожидать, что изменение плотности поверхностной энергии, вызванное электрическим потенциалом, может существенно сказаться на процессе самоорганизации дефектной подсистемы твердого тела при пластической деформации. В связи с вышеотмеченным целью работы является установление закономерностей и механизмов формирования градиента параметров дислокационных субструктур технически чистого алюминия в условиях ползучести при наложении электрического потенциала +1 В.

Испытания технически чистого алюминия марки А85 на ползучесть проведены на специальной установке при напряжении  $\sigma = 62$  МПа. Наложение электрического потенциала +1 В к образцу проводилось с помощью стабилизированного источника питания в течение всех испытаний на ползучесть. Исследования структуры образцов осуществляли методами просвечивающей электронной микроскопии фольг на просвет на приборе ЭМ-125 при ускоряющем напряжении 125 кВ.

Как при наложении электрического потенциала, так и без него реализуются три стадии ползучести – стадия неустановившейся ползучести, стадия установившейся ползучести и стадия ускоренной ползучести, завершающаяся разрушением. При этом в условиях ползучести под потенциалом +1 В (по сравнению с ползучестью без потенциала), во-первых, минимальная скорость ползучести была достигнута за более короткий (в  $\sim 1,7$  раза) промежуток времени, во-вторых, минимальная скорость ползучести выше в  $\sim 1,8$  раза и, в-третьих, время до разрушения в  $\sim 2$  раза меньше.

Исходные образцы алюминия имеют зеренную структуру, в которой выявляется субструктура дислокационного хаоса, дислокационные сетки, жгуты, ячейки и фрагменты. Скалярная плотность дислокаций, усредненная по объему материала,  $1,4 \cdot 10^{10}$  см<sup>-2</sup>. Средние размеры дислокационных ячеек  $\sim 480$  нм; фрагментов  $\sim 600$  нм.

Ползучесть алюминия вплоть до разрушения образцов привела к существенной модификации дислокационной субструктуры. В зоне разрушения выявлено формирование субструктур, отсутствующих в исходном материале, а именно, полосовой субструктуры и субзерен. Оба типа дислокационной субструктуры формируются у границ зерен. Полосовая субструктура преимущественно фрагментирована. Размеры фрагментов изменяются в пределах: поперечные 450...750 нм и совпадают с размерами полосовой субструктуры; продольные – 0,8...1,3 мкм. В объеме полосовой субструктуры присутствует субструктура дислокационного хаоса и дислокационные сетки; скалярная плотность дислокаций  $1,9 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Субзерна имеют средний размер 1,5 мкм. В объеме субзерен присутствуют хаотически распределенные дислокации; скалярная плотность дислокаций  $1,3 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Наряду с полосовой и субзеренной структурой в зоне разрушения выявлены зерна с сетчатой дислокационной субструктурой. Скалярная плотность дислокаций сетчатой субструктуры  $2,2 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ .

Установлено, что ползучесть под потенциалом приводит к стимулированию процесса самоорганизации дислокационной субструктуры, что приводит к некоторому снижению скалярной плотности дислокаций. Ползучесть под потенциалом приводит к существенному увеличению линейной плотности изгибных экстинкционных контуров. Как правило, изгибные экстинкционные контуры обнаруживаются в зернах, содержащих субзеренную структуру.

При анализе формирования градиента дислокационной субструктуры, формирующегося при ползучести алюминия было установлено, что относительное содержание субзерен и их средние размеры определенным образом зависят от расстояния до поверхности разрушения: по мере приближения к поверхности разрушения средние размеры субзерен, образовавшихся в процессе ползучести, изменяются по кривой с максимумом, достигаемом на расстоянии  $\sim 3$  мм от поверхности разрушения. Структура с минимальным средним размером субзерен ( $D = 0,7$  мкм) формируется в зоне разрушения образца. Одновременно с изменением среднего размера субзерен, увеличение степени деформации алюминия при ползучести сопровождается увеличением относительного содержания субзерен.

Установлено формирование градиентной структуры, заключающейся в закономерном изменении в зависимости от расстояния до поверхности разрушения скалярной плотности дислокаций и дислокационных петель, относительного содержания различных типов дислокационной субструктуры (хаос, сетки и ячейки), относительного содержания и средних размеров субзерен в зависимости от расстояния от поверхности разрушения. Объемные доли материала, занятые структурой дислокационного хаоса, сетчатой и ячеистой дислокационными

субструктурами изменяются немонотонным образом, достигая максимума на удалении от поверхности разрушения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 г.г.» (гос. контракт №П411).